

①⑨ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3738473 A1**

②① Aktenzeichen: P 37 38 473.2  
②② Anmeldetag: 12. 11. 87  
④③ Offenlegungstag: 16. 6. 88

⑥① Int. Cl. 4:

**B 01 F 5/02**

B 01 F 3/00

B 01 J 19/24

// C02F 3/24,

B01F 3/02,3/04,3/06,

B01D 53/00,53/34,

C02F 1/74

DE 3738473 A1

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①

01.12.86 AT 3193/86

⑦① Anmelder:

Ingeka Ingeborg Kapfhammer chemische und  
mechanische Verfahrenstechnik, Brunn am Gebirge,  
AT

⑦④ Vertreter:

Kador, U., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 8000  
München

⑦② Erfinder:

Kapfhammer, Friedrich, Brunn am Gebirge, AT

⑤④ Statikmischer

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besteht aus einem Hüllrohr, in dem Misch- und Teilungselemente situiert sind, die aus zwei konzentrischen Doppelrohr-Einsätzen, deren Achsen schräg zur Hüllrohr-Längsachse liegen und die radial zueinander versetzt sind, sodann aus kreuzförmig angeordneten und einander teilweise durchringenden Trennwänden, sowie aus Teilungsstegen bzw. Stützelementen bestehen, die sowohl in den konzentrischen Doppelrohr-Einsätzen als auch im Raum zwischen diesen und der Mischkanalwand in einer Weise angeordnet sind, daß durch die Trennwände die beiden Halbkreiskanäle, sowie durch die Teilungsstege die vier Halbringkanäle entstehen.

Der Haupteinsatz des erfindungsgemäßen Statikmischers liegt u. a. auf dem Gebiet der Umwelttechnik, in der wirksame Großstatikmischer benötigt werden: vor allem auf dem Gebiet der Rauchgasentsorgung - Entschwefelung, Entstickoxidierung - in Kraftwerken, aber auch für die Abgasbehandlung von Müllverbrennungsanlagen, als auch bei der Trocken-Additivbehandlung von Rauchgasen in Großfilteranlagen, sowie bei den Abgas-Naßverfahren. Ein weiteres Einsatzgebiet ergibt sich in der Abwasserbehandlung bei der Oxidationsbelüftung in Kläranlagen. Vielfältige Verwendungen ergeben sich in Raffinerien, chemischen Fabriken, Gießereien, Bergwerken, Lackfabriken, u. a. m. zum Homogenisieren von toxischen Gasen vor Absorptionsanlagen, Verbrennungsöfen, etc.

DE 3738473 A1

## Patentansprüche

1. Statikmischer zum Mischen fluidaler Medien, **dadurch gekennzeichnet**, daß er aus einem Hüllrohr (1) besteht, in dem Misch- und Teilungselemente (A 1-A 2) situiert sind, die aus zwei konzentrischen Doppelrohr-Einsätzen (A 1) und (A 2), deren Achsen schräg zur Hüllrohr-Längsachse liegen und die radial zueinander versetzt sind, sodann aus kreuzförmig angeordneten und einander teilweise durchdringenden Trennwänden (2), sowie aus Teilungsstege- bzw. Stützelementen (4) bestehen, die sowohl in den konzentrischen Doppelrohr-Einsätzen (A 1) und (A 2) als auch im Raum zwischen diesen und der Mischkanalwand in einer Weise angeordnet sind, daß durch die Trennwände (2) die beiden Halbkreiskanäle (5) und (6), sowie durch die Teilungsstege (3) die vier Halbringkanäle (7) und (8), (9) und (10) entstehen.

2. Statikmischer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Misch- und Teilungselemente (A 1-A 2) mindestens zwei beträgt.

3. Statikmischer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einbaulänge eines Misch- und Teilungselementes (A 1-A 2) 0,9 mal den Durchmesser des Hüllrohres beträgt.

4. Statikmischer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Misch- und Teilungselement (A 1-A 2) aus zwei konzentrischen Doppelrohr-Einsätzen (A 1) und (A 2) besteht, deren Rohrdurchmesser  $D_1$  und  $D_2$  zum Hüllrohr bzw. hydraulischen Mischkanaldurchmesser  $D_{MK}$  sich wie  $D_{MK} : D_1 : D_2 = 1 : 0,79 : 0,53$  verhalten.

5. Statikmischer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die konzentrischen Doppelrohr-Einsätze (A 1) und (A 2) eine Länge  $L_{DRE}$  bezogen auf den hydraulischen Mischkanaldurchmesser  $D_{MK}$  von  $D_{MK} \times 0,212$  haben.

6. Statikmischer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die im Misch- und Teilungselement (A 1-A 2) befindlichen konzentrischen Doppelrohr-Einsätze (A 1) und (A 2) im rechten Winkel zueinander versetzt sind.

7. Statikmischer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die im Misch- und Teilungselement (A 1-A 2) befindlichen konzentrischen Doppelrohr-Einsätze (A 1) und (A 2) zur Mischkanallängsachse zwischen  $70^\circ$  und  $74^\circ$  beträgt.

8. Statikmischer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die konzentrischen Doppelrohr-Einsätze (A 1) und (A 2) durch kreuzweise angeordnete und einander teilweise durchdringenden Trennwände (2) miteinander verbunden sind.

9. Statikmischer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsquerschnittsflächen der entstandenen Teilungskanäle ca. ein Sechstel der Mischkanal-Arbeitsquerschnittsfläche beträgt.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen nach dem "in-line"-Prinzip arbeitenden Statikmischer, der gestattet, zwei oder mehrere Fluidkomponenten, wie Gase, Dämpfe, Flüssigkeiten, aber auch feststoffhaltige Fluide in großen Mengen zu vermischen, wobei hohe Mischverhältnisse mit optimaler Mischgüte des Endproduktes erzielt werden können.

Die bisher bekannten Statikmischer haben zum Un-

terschied des erfindungsgemäßen Statikmischer folgende Nachteile: Sie sind z. B. für Großanlagen, wie Rauchgasmischer für Kraftwerke konstruktiv kaum geeignet, da sie bei vergleichbarer Leistung entweder zu groß in ihren Dimensionen und viel zu schwer infolge ihrer zu dichten Mischelemente-Packung sind oder aber konstruktiv aufwendig und daher problematisch in der Fertigung und der Montage vor Ort. Der Einbau in Rechteckkanäle und in den relativ dünnwandigen Rauchgaskanälen von Kraftwerken ist schwierig — wenn nicht gar unmöglich wegen ihres hohen Platzbedarfes. Die meisten haben Totzonen, in denen sich feste Teilchen, wie Ruß, Flugasche, etc. ablagern können und die im Laufe der Zeit früher oder später zu unerwünschten Druckverlusten führen und damit zwangsläufig eine Leistungsminderung des Kraftwerkes und eine zusätzliche Umweltbelastung zur Folge haben.

Demgegenüber zeichnet sich der erfindungsgemäße Statikmischer durch optimalen Mischeffekt — auch bei hohen Mischkomponenten-Verhältnissen (z. B. Rauchgas-Additiv: Ammoniakgas) aus; besonders sind die kurze Baulänge, die gewichtsparende, einfache Konstruktion infolge der selbsttragenden Misch- und Teilungselementsäule, der energiesparende geringe Druckverlust, sowie die Totraumfreiheit der wesentliche Hauptunterschied gegenüber den bisher gebräuchlichen Statikmischern.

Das entscheidend Neue des erfindungsgemäßen Statikmischer ist — kurz zusammengefaßt:

1. Hohe Teilungszahlen pro Misch- und Teilungselement auf kurzer Einbaulänge und damit hochwirksame Mischelementsäulen, das heißt wenige Elemente ergeben hohe Teilungszahlen und damit optimalen Mischeffekt.
2. Integrierter "Nachmischeffekt" in den Misch- und Teilungselementen.
3. Totraumfreie Konstruktion der Misch- und Teilungselemente.

Ergänzend zu diesen physikalischen und technischen Prinzipien ergeben sich noch weitere Vorteile:

1. Geringerer Druckverlust gegenüber den üblichen Statikmischern bei vergleichbarer Leistung und damit eine beachtliche Energieersparnis.
2. Große Mischkanal-Querschnittsflächen sind möglich; so können die erfindungsgemäßen Statikmischer mit  $50 \text{ m}^2$  und größer gebaut werden.
3. Selbsttragende Ausführung der Misch- und Teilungselement-Säulen; dadurch problemlose Statik bezüglich den relativ dünnwandigen Rauchgaskanälen und somit weniger aufwendige Stütz- und Aufhängevorrichtungen.
4. Leichte Anpassung des erfindungsgemäßen Statikmischer an vorhandene Kanalquerschnitte durch Doppel-, Dreifach- und Vierfachanordnung der Misch- und Teilungselement-Säulen.

Der Haupteinsatz des erfindungsgemäßen Statikmischer liegt u. a. auf dem Gebiet der Umwelttechnik, in der wirksame Großstatikmischer benötigt werden: vor allem auf dem Gebiet der Rauchgasentsorgung — Entschwefelung, Entstickoxidierung — in Kraftwerken aller Größen, aber auch für die Abgasbehandlung von Müllverbrennungsanlagen, als auch bei der Trocken-Additivbehandlung von Rauchgasen in Filteranlagen, aber auch bei den Naßverfahren in der Abgasbehand-

lung mit Alkalilösungen. Ein weiteres Einsatzgebiet ergibt sich in der Abwasserbehandlung bei der Oxidationsbelüftung in Kläranlagen. Vielfältige Verwendungen ergeben sich in Raffinerien, chemischen Fabriken, Gießereien, Bergwerken, Lackfabriken, etc. zum Homogenisieren toxischen, brennbaren Gasen und Lösungsmitteldämpfen vor Absorptionsanlagen, Verbrennungsöfen, u. a. m.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besteht aus einem Hüllrohr, in dem Misch- und Teilungselemente situiert sind, die aus zwei konzentrischen Doppelrohr-Einsätzen, deren Achsen schräg zur Hüllrohr-Längsachse liegen und die radial zueinander versetzt sind, sodann aus kreuzförmig angeordneten und einander teilweise durchdringenden Trennwänden, sowie aus Teilungsstege bzw. Stützelementen bestehen, die sowohl in den konzentrischen Doppelrohr-Einsätzen als auch im Raum zwischen diesen und der Mischkanalwand in einer Weise angeordnet sind, daß durch die Trennwände die beiden Halbkreis Kanäle, sowie durch die Teilungsstege die vier Halbringkanäle entstehen.

Die theoretisch-physikalischen Grundlagen der Funktion und Wirkungsweise des erfindungsgemäßen Statikmischers sind folgende:

I. Durch Teilen der zu mischenden Fluidkomponenten in viele kleine Teilströme oder auch "Teilstränge" und immer wieder vereinigen dieser Fluidströme entstehen Teilströme oder -stränge mit Schichtdicken, die im Bereich der freien Weglänge liegen. Die Anzahl der Schichten ( $T$ ) ist gleich der Anzahl der Teilströme bzw. -stränge ( $a$ ) in einem Mischelement hoch der Anzahl der Mischelemente ( $n$ ); die folgende Formel gibt die Beziehungen zwischen den eben genannten Größen wieder:

$$T = a^n$$

Durch dieses wiederholte Erzeugen von Grenzflächen zwischen zwei oder mehr Fluidkomponenten unterschiedlicher physikalischer Eigenschaften und Phasen (gasförmig, flüssig, fest: staubförmig) wird eine Vervielfachung der zum intensiven Mischeffekt notwendigen Austausch- bzw. Reaktionsflächen geschaffen. Weil nur in diesen Reaktionszonen eine Vergleichmäßigung der Produkteigenschaften bzw. eine Reaktion (z. B. chemische Reaktion) zwischen zwei oder mehr Phasen zu erzielen ist, vervielfacht dieses System die Leistung des erfindungsgemäßen Statikmischers relativ genau vorherberechenbar.

Die in den Grenzschichten wirkenden Kräfte, hervorgerufen durch Geschwindigkeitsunterschiede der Fluidströme in unterschiedlichen Teilkanälen und die damit verbundenen Druckgradienten in radialer Richtung des Systems erzeugen Strömungsmerkmale einer Turbulenz.

Das heißt, Systeme mit laminaren Charakter bekommen im Statikmischer Strömungseigenschaften einer turbulenten Strömung, während in turbulenten Strömungssystemen deren Eigenschaften stabilisiert bzw. — von volumetrischer Sicht aus — in kleinere Dimensionen verlagert werden. Diese Stabilisierung der Turbulenz ist auch bei Austritt der Fluidströme aus einem Misch- und Teilungselement in der "Nachmischzone" als "Nachmischeffekt" auf einer Länge von etwa 1,5 bis 2 Hüllrohrdurchmesser (hydraulischer Durchmesser) noch effizient!

fizient!

Wie bekannt, unterscheidet sich turbulente Strömung von der laminaren durch das ungeordnete Auftreten von "Wirbeln". Diese erzeugen Geschwindigkeitsschwankungen, die wiederum Druckschwankungen hervorrufen. Die Geschwindigkeitsschwankungen sind der mittleren Strömungsgeschwindigkeit überlagert. Die Wirbelbewegung hat eine ständige Durchmischung der Fluidströme zur Folge, die in der laminaren Strömung nicht vorhanden ist.

Zum Andern werden in den Misch- und Teilungselementen des erfindungsgemäßen Statikmischers, vor allem durch ständiges Erzeugen von Grenzflächen innerhalb der Fluidströme durch Trennen und erneutes Zusammenführen entsprechend dem oben angeführten Exponentialgesetz Teilströme Turbulenzfelder geschaffen, die Vermischungseffekte in kleinsten Bereichen hervorrufen, durch Diffusion etc.

II. In den Nachmischzonen der Misch- und Teilungselemente innerhalb des erfindungsgemäßen Statikmischers wird nun — wie unter I. dargelegt — die Bildung der Turbulenz, sowie die Geschwindigkeitsvektoren der Teilkanalströme beibehalten, wobei dieser Nachmischeffekt bis zu zwei Hüllrohrdurchmesser (hydraulischer Durchmesser) lang anhält, um dann langsam zu verflachen, wie diesbezügliche Versuche ergeben haben. Da die Nachmischzonen kürzer als die zuvor angegebenen Längen sind, kann man für diese Zonen mit vollem Misch- und Teilungseffekt rechnen, was mit den eben erwähnten Versuchen im vollen Einklang steht. Dieser interne Nachmischeffekt des erfindungsgemäßen Statikmischers bewirkt den verstärkenden Mischeffekt bei kurzer Baulänge (geringes Gewicht!), wobei sich der Einsatzbereich der erfindungsgemäßen Apparatur von niedrigviskos bis mittellviskos erstreckt: Gase, Dämpfe, Flüssigkeiten, ein- und mehrphasige Systeme, z. B. Rauch mit Flugasche, Ruß, Luft mit Kalkstaub, aber auch Dispersionen, Schlämme etc., sowie flüssig-gasförmige Systeme z. B. Abwasser — Luft, Sauerstoff, Ozon, etc. Die obenerwähnte tottraumfreie Ausführung garantiert klaglosen kontinuierlichen Betrieb in jedem Fall. Zusammenfassen sollen in kurzer Form die physikalischen und technischen Prinzipien und Anordnungen beschrieben werden, die den erfindungsgemäßen Statikmischer wesentlich von den bisher gebräuchlichen Statikmischem unterscheidet:

1. Hohe exponentielle Teilungszahlen der Misch- und Teilungselemente bei extrem kurzer Baulänge.
2. Sehr energiesparend infolge des niederen optimalen Druckverlustes.
3. Mischelementinterne Nachmischzonen.
4. Tottraumfreie Konstruktion durch Verwendung von radialen, parallel zur Hüllrohrachse angeordneten Stützelementen.
5. Niedriges Leistungsgewicht, durch materialsparende Konstruktion.
6. Selbsttragende Mischelementsäule durch kreuzweise angeordnete und ineinander teilweise durchdringende Trennwände.

In der nun folgenden Tabelle soll ein Vergleich von effektiven Leistungszahlen üblicher Statikmischer (1)

und (2) mit denen des erfindungsgemäßen Statikmischers (3) unter Berücksichtigung der Elementlängen ( $EL$ ) bezogen auf den Hüllrohrdurchmesser bzw. auf den hydraulischen Durchmesser ( $D_H$ ) gebracht werden:

Tabelle

Anzahl der Elemente	1) $EL = 1,5 \times D_H$ *)	2) $EL = 1,0 \times D_H$ *)	3) $EL = 0,9 \times D_H$ *)	
1	2	3	22,4	
2	4	9	501	15
3	8	27	$1,1 \times 10^4$	
4	16	81	$2,5 \times 10^5$	
5	32	243	$5,6 \times 10^6$	
6	64	729	$1,2 \times 10^8$	
7	128	2187	$2,8 \times 10^9$	20
8	256	6561	$6,3 \times 10^{10}$	
9	512	$1,97 \times 10^4$	—	
10	1024	$5,9 \times 10^4$	—	
1)	US-PS 32 86 922			25
2)	AT-PS 3 11 927			
3)	Erfindungsgem. Statikmischer			
*)	$a_{eff}$ = effektive Teilungszahlen			

Die obenstehende Tabelle — die Gegenüberstellung der Teilungszahlen zweier bisher gebräuchlicher Statikmischer mit dem erfindungsgemäßen Statikmischer unter Berücksichtigung der Einbaulängen ( $EL$ ) unterstreicht prägnant einen der Hauptvorteile der erfindungsgemäßen Apparatur.

Fig. 1 zeigt die Konstruktion, sowie einen Schnitt durch einen Doppelrohr-Einsatz eines Misch- und Teilungselementes des erfindungsgemäßen Statikmischers. Er besteht aus einem Hüllrohr -1-, in dem zwei Misch- und Teilungselemente -(A 1-A 2)- mit den zwei konzentrischen Doppelrohr-Einsätzen -A 1- und -A 2-, die zueinander um  $90^\circ$  versetzt übereinander angeordnet sind. Diese konzentrischen Doppelrohr-Einsätze -A 1- und -A 2- bestehen aus zwei konzentrischen Rohrstücken, die mit den Trennwänden -2-, sowie den in den konzentrischen Doppelrohr-Einsätzen -A 1- und -A 2- befindlichen Teilungsstegen -3- vier Teilungskanäle, sowie mit der Wand des Hüllrohres -1- und weiteren Stützelementen -4-, noch weitere zwei Teilungskanäle ausbilden, so daß je konzentrischem Doppelrohr-Einsatz -A 1- und -A 2- sechs Teilungskanäle und somit pro Misch- und Teilungselement -(A 1-A 2)- insgesamt zwölf Teilungskanäle vorhanden sind. Die zweimal sechs Teilungskanäle ergeben nun eine Teilungszahl ( $a$ ) pro Misch- und Teilungselement -(A 1-A 2)- von theoretisch  $6^2 = 36$ . Die effektive Teilungszahl ( $a_{eff}$ ) beträgt jedoch — wie geometrisch-mathematische Überprüfungen ergeben haben: 22,4. Dieser Wert ist auch der obenstehenden Tabelle zugrunde gelegt worden.

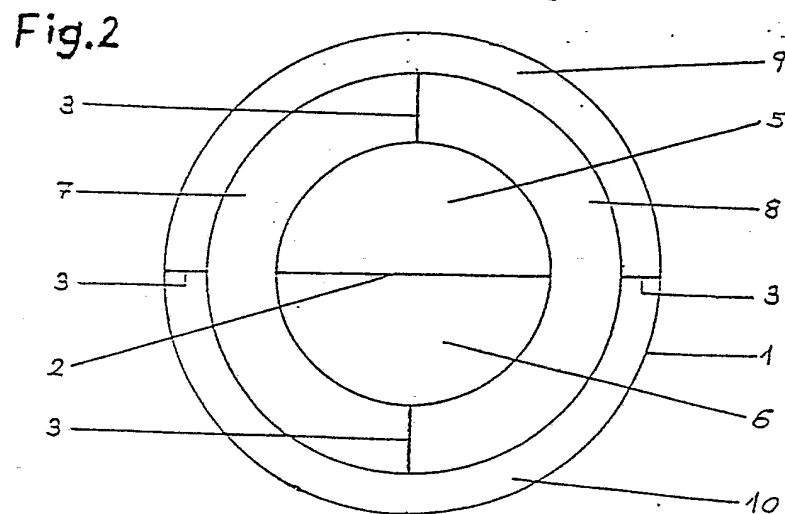
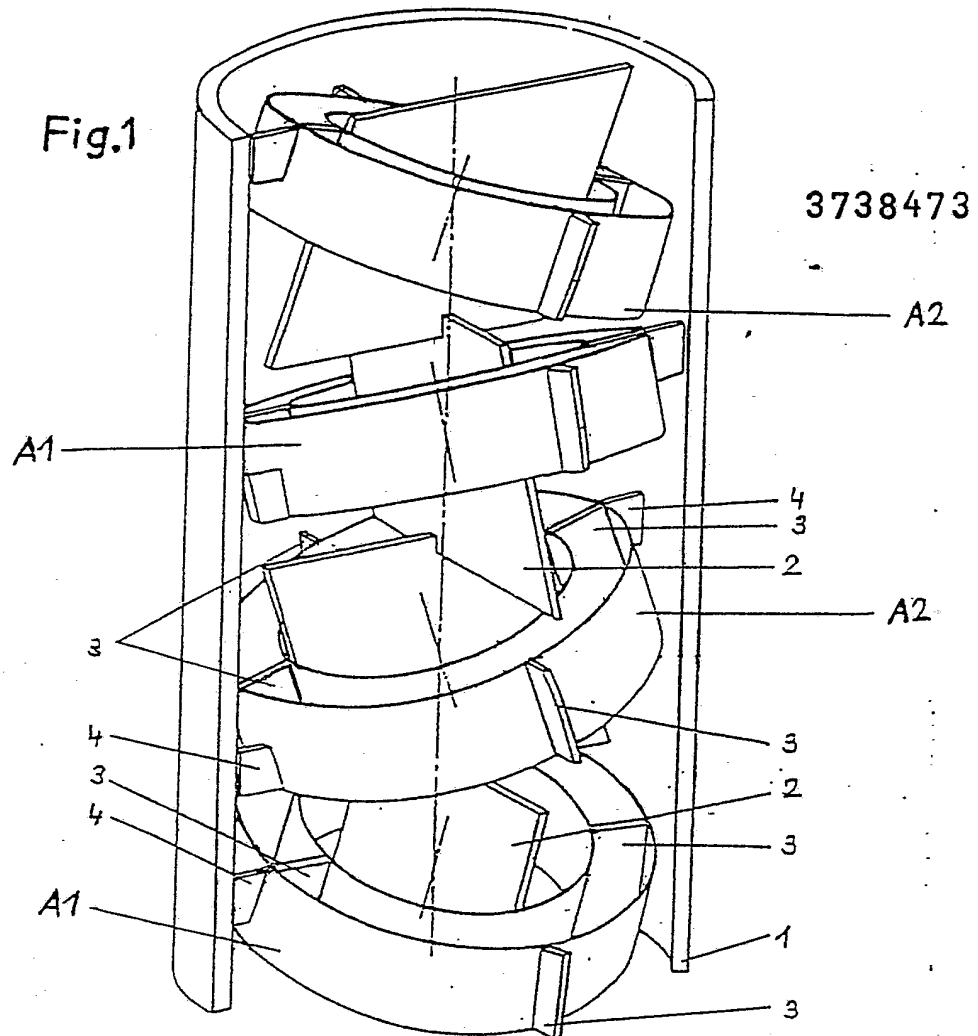
Der Schnitt durch die Mitte eines Doppelrohr-Einsatzes -A 1- eines Misch- und Teilungselementes -(A 1-A 2)-, Fig. 2 zeigt die beiden Halbkreiskanäle -5- und -6-, sowie die vier Halbringkanäle -7-, -8-, -9- und -10-.

- Leerseite -

Nummer:  
 Int. Cl.<sup>4</sup>:  
 Anmeldetag:  
 Offenlegungstag:

37 38 473  
 B 01 F 5/02  
 12. November 1987  
 16. Juni 1988

Fig. : 8 : 11



**PUB-NO:** DE003738473A1  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** DE 3738473 A1  
**TITLE:** Stationary mixer  
**PUBN-DATE:** June 16, 1988

**INVENTOR-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
KAPFHAMMER, FRIEDRICH	AT

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
KAPFHAMMER INGEBORG CHEM	AT

**APPL-NO:** DE03738473  
**APPL-DATE:** November 12, 1987

**PRIORITY-DATA:** AT00319386A (December 1, 1986)

**INT-CL (IPC):** B01F005/02 , B01F003/00 ,  
B01J019/24

**EUR-CL (EPC):** B01F005/06 , B01F005/06

**ABSTRACT:**

CHG DATE=19990617 STATUS=O> The appliance according to the invention consists of a jacket tube wherein mixing and dispersing elements are situated which consist of two concentric double-

tube inserts whose axes are oblique to the longitudinal axis of the jacket tube and are radially offset with respect to one another, of partitions arranged cross-wise and partly penetrating one another, and of dividing webs or support elements which are arranged, both in the concentric double-tube inserts and in the space between these and the mixing duct wall in such a way that the partitions form the two semicircular ducts and the dividing webs form the four semi-annular ducts. The main use of the stationary mixer according to the invention is, inter alia, in the field of environmental technology, where efficient large stationary mixers are required: particularly in the field of flue gas sanitation - desulphurisation, denitration - in power stations, but also for off-gas (waste gas, exhaust gas) treatment of waste incineration plants as well as in the dry-additive treatment of flue gases in large-scale filtration plants and in off-gas wet processes. A further field of application is found in wastewater treatment (sewage treatment) in the oxidative aeration in sewage plants. A wide range of possible applications exists in refineries, chemical factories, foundries, mines, paint factories, inter alia for homogenising toxic gases upstream of absorption installations, incinerators etc.